

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

**2 303 865**

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

A1

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

**N° 76 07128**

(54)

**Procédé de traitement d'alliages de zirconium contre la corrosion.**

(51)

Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). **C 22 F 1/16; C 21 D 1/42; C 22 C 16/00.**

(22)

Date de dépôt ..... **12 mars 1976, à 14 h 57 mn.**

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Demandes de brevets déposées en Suède le 14 mars 1975,  
n. 75 02865-4 et le 15 octobre 1975, n. 75 11523-8 au nom de la demanderesse.*

(41)

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande .....

**B.O.P.I. — «Listes» n. 41 du 8-10-1976.**

(71)

Déposant : Société dite : **AB ASEA-ATOM, résidant en Suède.**

(72)

Invention de : **Gunnar Vesterlund.**

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : **Office Blétry.**

La présente invention est relative à un procédé de traitement , contre la corrosion, de tôles métalliques en alliage de zirconium , destinées à une utilisation dans des réacteurs nucléaires.

5 Le facteur déterminant la durée de vie d'une enveloppe ou gaine , réalisée en un alliage de zirconium , d'un assemblage combustible monté dans un réacteur à eau bouillante est la déformation plastique de la gaine, qui se développe graduellement , et que l'on appelle le fluage . Ce fluage est rapidement accéléré à cause de la consommation de matière se développant par corrosion .

Des essais réalisés en limitant les conditions régnant dans des réacteurs à eau bouillante , suivant les méthodes ASTM , ont démontré qu'un chauffage d'un alliage de zirconium jusqu'à une température supérieure à 900°C réduit d'environ 10% la résistance à la corrosion .

Toutefois , des examens, sur lesquels l'invention est basée et qui ont été réalisés en utilisant des assemblages combustibles ayant été en fonctionnement pendant plusieurs années dans un réacteur à eau bouillante , ont montré que, de façon surprenante , un traitement thermique du type précité augmente d'un facteur de 3 ou 4 la résistance à la corrosion d'un alliage de zirconium.

Comme un alliage de zirconium du type Zircalloy s'oxyde rapidement à une température élevée , ce type de traitement contre la corrosion est assez difficile à réaliser pour des surfaces de feuille ayant les dimensions que l'on utilise généralement pour des pièces constitutives de réacteurs . Avec un procédé suivant l'invention , un maximum de 60 secondes peut être admissible pour le chauffage dépassant 500°C et atteignant 900°C , puis, depuis cette température d'au moins 900°C , il est possible de réduire immédiatement la température de 200°C en 60 secondes au maximum.

L'invention sera décrite plus complètement avec référence aux dessins annexés.

La figure 1 présente une coupe verticale d'une installation permettant la mise en oeuvre d'un procédé suivant une première forme de réalisation de l'invention. Dans cette for-

me de réalisation , on n'utilise pas de réfrigérant pour le refroidissement de la tôle en Zircalloy chauffée . Suivant une seconde forme de réalisation de l'invention , le refroidissement est réalisé à l'aide d'un gaz qui est soufflé vers la feuille  
5 de Zircalloy.

La figure 2 présente une coupe verticale d'une installation permettant la mise en oeuvre d'un procédé suivant cette dernière forme de réalisation de l'invention .

La figure 3 présente , sous la forme d'une coupe  
10 prise perpendiculairement à la direction d'alimentation de la tôle , une représentation de l'écoulement laminaire estimé . Cette représentation de l'écoulement laminaire illustre la convection au voisinage d'une tôle horizontale dans le cas d'une température  $t$  élevée , par exemple  $900^{\circ}\text{C}$  .

La figure 4 présente la répartition estimée des  
15 températures le long de la largeur de la tôle durant le refroidissement assuré suivant la figure 1 , c'est-à-dire sans utilisation d'un dispositif de soufflage de gaz .

La figure 5 donne une représentation de l'écou-  
20 lement laminaire dans le cas d'un refroidissement par air forcé suivant l'invention.

Sur la Figure 1, le numéro de référence 1 désigne une tôle laminée , d'une épaisseur de 4 mm , d'un alliage de zirconium de la marque Zircalloy 4 . Cette tôle est emportée  
25 par des cylindres d'alimentation 2 pour traverser une bobine 3 qui est connectée à un générateur à haute fréquence 4 , dont la fréquence peut être réglée dans l'intervalle de 0,2-30 MHz . Les cylindres 2 peuvent être entraînés par une vitesse périphérique variable , se situant dans l'intervalle de 0,5-3 m/s. Avant  
30 passage de la tôle à travers la bobine 3, la matière de cette tôle a uniquement une structure  $\alpha$ . Après passage à travers la bobine 3, la couche 5 de la tôle a acquis une structure dite "structure de Widmanstätten" , ce qui suppose une résistance accrue à la corrosion. Dans la portion médiane de la section transversale de la tôle , il ne s'est cependant produit aucun change-  
35 ment de structure important. A chaque moment , une certaine zone superficielle de la tôle 1 est chauffée par alimentation d'une puissance moyenne qui est d'au moins  $1 \text{ kW/cm}^2$ . Cette zone de

de surface présente une extension relativement faible dans le sens de déplacement de la tôle, habituellement de moins de 3 cm, de préférence de moins de 1 cm.

5 Au lieu de la bobine 3 représentée, on peut utiliser une bobine qui est dirigée de manière qu'une de ses surfaces extrêmes soit orientée vers le côté supérieur ou inférieur de la tôle.

10 Dans le cas d'un chauffage par induction, par exemple tel qu'illustré par les dessins, la profondeur de pénétration du flux magnétique est réduite avec une augmentation de la fréquence. Par le choix d'une haute fréquence et d'une puissance élevée, seule une couche superficielle de la tôle en Zircalloy est chauffée. Lorsque, par conséquent, la tôle a traversé la bobine d'induction, on obtient une réduction très  
15 rapide de la température à l'endroit de la couche superficielle, en raison du fait que la chaleur superficielle est rapidement évacuée à l'intérieur de la tôle, dans une direction perpendiculaire à celle-ci, et de cette manière, il n'existe pas de problèmes d'oxydation ou de croissance de grains pouvant réduire  
20 la résistance. Le refroidissement est très uniforme et ne provoque pas de déformation de la tôle.

Suivant l'invention, il est également possible de permettre le chauffage de la tôle dans son ensemble de manière à obtenir une modification des structures dans la totalité de la section transversale. Il peut alors être difficile,  
25 même lorsqu'on utilise un fluide de refroidissement, de refroidir la surface de la tôle d'une manière suffisamment rapide sans déformation. On évite une telle déformation suivant la seconde forme de réalisation de la présente invention, que l'on  
30 a mentionnée précédemment. Sur la figure 4, la température est donnée en ordonnée, tandis que la distance  $l$  depuis un bord de la feuille jusqu'au point considéré est donnée en abscisse. La répartition des températures du côté inférieur de la tôle est donnée par la courbe 18, tandis que cette répartition du côté  
35 supérieur est donnée par la courbe 19. Ces courbes montrent que le côté inférieur de la tôle présente une température plus basse que le côté supérieur, et que les bords de la tôle sont refroidis plus rapidement que la partie centrale et acquiert

ainsi une plus basse température . Ceci a pour résultat une forte déformation de la tôle. Dans le cas d'un refroidissement par air forcé suivant l'invention , tel qu'illustré par la figure 5 , on obtient des conditions presque idéales , grâce auxquelles

5 les courbes correspondantes de températures (non représentées ) ont la forme de deux lignes horizontales droites , se situant à faible distance l'une de l'autre .

Sur les dessins, le numéro de référence 11 désigne une tôle en alliage de zirconium. Cette tôle est déplacée

10 grâce à des cylindres d'alimentation 12 pour traverser une bobine 13 qui est connectée à un générateur à haute fréquence 14, dont la fréquence est de l'ordre de 1-1000 kHz. Les cylindres 12 peuvent être entraînés à une vitesse périphérique se situant dans l'intervalle de 0,1 à 30 cm/s. On projette sur la tôle un gaz

15 de refroidissement, de préférence un gaz inerte, tel que de l'argon, grâce à des boîtes de soufflerie 16 et 17 comportant des ajutages dirigés perpendiculairement à la tôle , chacun des courants d'air dirigés perpendiculairement à la tôle ayant une largeur  $d$  qui est de 10 à 80% de la largeur  $D$  de la tôle , ces ajutages étant agencés de manière qu'environ la moitié d'entre eux se situe de part et d'autre d'un plan vertical imaginaire passant par l'axe de symétrie longitudinal de la tôle , cet axe étant orienté dans la direction du déplacement . Les cylindres

20 12 sont de préférence refroidis , soit grâce à de l'eau de refroidissement circulant à travers ces cylindres , soit grâce

25 à un courant de gaz de refroidissement dirigé vers la surface de ces cylindres.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement , contre la corrosion, d'une tôle métallique en alliage de zirconium , destinée à l'utilisation dans des réacteurs nucléaires, caractérisé en ce qu'on chauffe cette tôle en zones jusqu'à une température d'au moins 900°C , Le temps nécessaire pour l'augmentation de la température depuis 500°C jusqu'à la température susdite étant tout au plus de 60 secondes , chaque zone chauffée étant ensuite immédiatement soumise à une réduction de température d'au moins 200°C en un temps de 60 secondes au maximum.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la tôle n'est chauffée qu'en surface , l'élévation de température dans la portion interne de la tôle étant insuffisante pour atteindre une modification importante quelconque des structures à l'intérieur de cette portion.

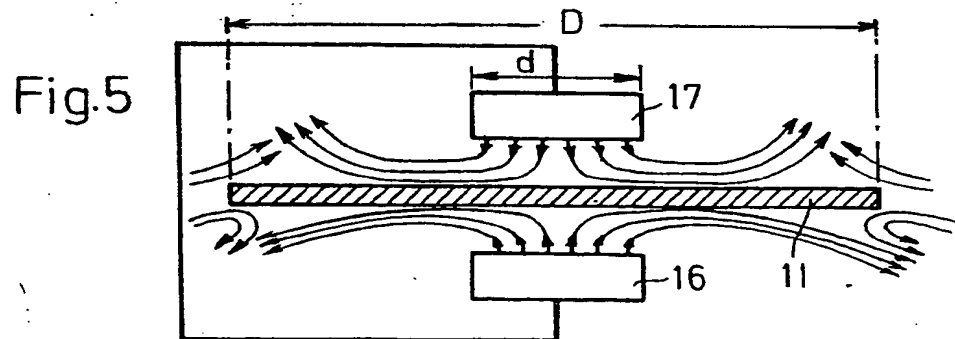
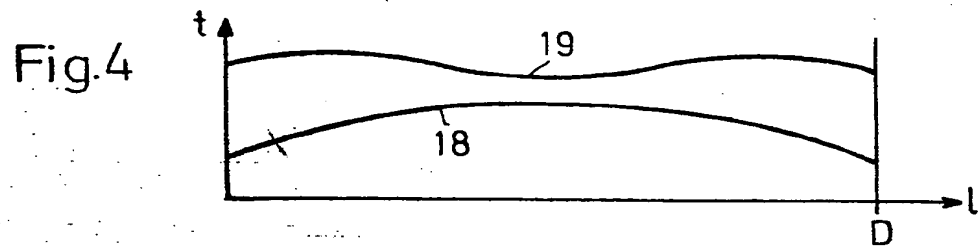
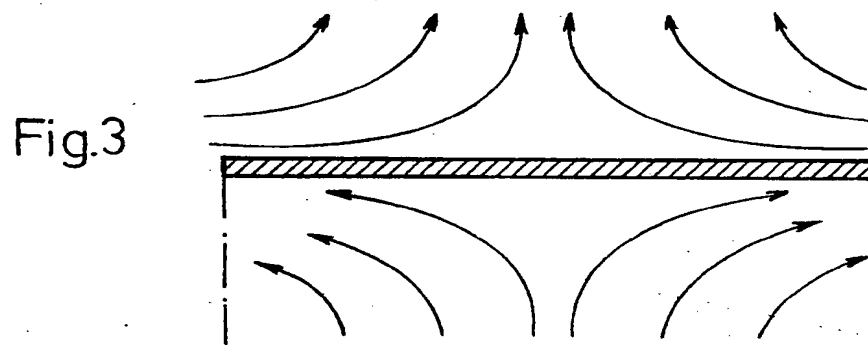
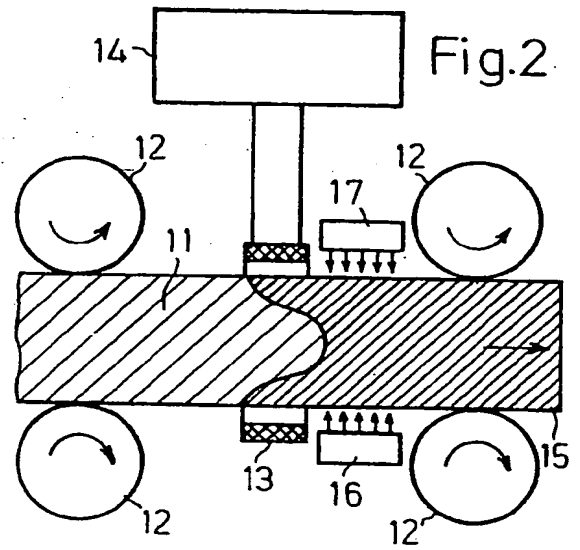
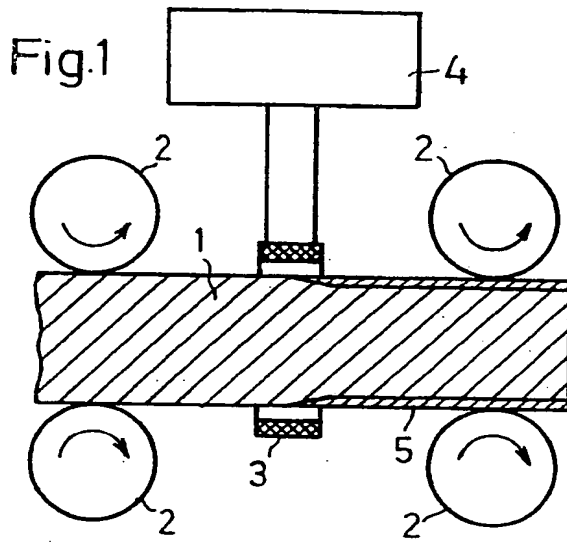
3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on chauffe une couche superficielle jusqu'à la température requise en déplaçant la tôle , à une vitesse d'au moins 1 m/s , pour la faire passer par une bobine d'induction qui est connectée à un générateur à haute fréquence et qui est alimentée par un courant d'une fréquence d'au moins 0,5 MHz.

4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la fréquence susdite est de 0,5-30 MHz, la vitesse de déplacement de la tôle étant de 1-5 m/s , et la puissance instantanée débitée par le générateur à haute fréquence vers la tôle étant d'au moins 1 kw/cm<sup>2</sup>.

5. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la réduction de température est réalisée grâce à un refroidissement par un courant de gaz forcé , au cours duquel une zone centrale d'au moins 10% de la largeur de la tôle est exposée à un courant de gaz provenant d'un dispositif à soufflerie , ce courant étant dirigé sensiblement perpendiculairement à la tôle , ce courant de gaz étant en moyenne d'au moins 50% supérieur , par unité de surface , à la valeur correspondante sur le restant de la tôle .

6. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la tôle est déplacée , à une vitesse de 0,1-30 cm/s. pour passer par une bobine d'induction qui est alimentée

par un courant dont la fréquence se situe dans l'intervalle de  
1-1000 kHz.





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**